

# Untersuchungen zur Bestimmung eines Gebietsmittelwertes der Verdunstung für Oberflächen mit komplexer subskaliger Topographie.

J. Nielinger<sup>1</sup>, R. Jürrens<sup>2</sup> und G. Groß<sup>1</sup>

<sup>1</sup> : Institut für Meteorologie und Klimatologie der Universität Hannover,  
Herrenhäuser Str. 2, 30419 Hannover

<sup>2</sup> : Institut für Meereskunde der Universität Kiel, Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

## Einleitung

Innerhalb der globalen Klimamodellierung, aber auch der synoptischskaligen Wettervorhersage, stellt die realistische Behandlung des Wasserkreislaufes ein wesentliches Problem dar. Die Evapotranspiration als nahezu alleinige Quelle des atmosphärischen Wasserdampfes muß dabei besonders sorgfältig berücksichtigt werden. Aus rechenzeitökonomischen Gründen sind bei solchen Modellen insbesondere der Auflösung Grenzen gesetzt. So ergeben sich bei globalen oder europaweit operierenden Modellen Gitterpunktsdistanzen von 50 - 100 km und mehr, sodaß beispielsweise die Verdunstung eines 10000 km<sup>2</sup> großen Areals durch lediglich einen Wert repräsentiert wird. Üblicherweise wird dieser mit einer Bestimmungsgleichung für den turbulenten Fluß latenter Wärme über dem Erdboden berechnet und der Wert als Gebietsmittel interpretiert. Implizit wird damit jedoch angenommen, daß das mit der Gitterfläche erfaßte Gebiet eine auf dem Niveau der mittleren Geländehöhe liegende Ebene mit homogener Oberfläche ist. Ob eine solche Betrachtungsweise ausreicht oder ob eine Parametrisierung des Einflusses subskaliger Geländestrukturen vonnöten ist soll mit den hier vorgestellten Arbeiten untersucht werden.

## Modell

Für die Bearbeitung dieser Fragestellung ist das nicht-hydrostatische Mesoskalen-Modell FITNAH (z.B. GROSS 1991) besonders geeignet. Es bietet einerseits die Möglichkeit, in ausgewählten Gebieten mit aufgelösten kleinräumigen Geländestrukturen die lokale Variation der Verdunstung zu untersuchen und einen „echten“ Gebietsmittelwert durch Summation über die Anzahl der horizontalen Gitterpunkt zu bestimmen. Andererseits kann mit der Verwendung der 1D-Version von FITNAH die Berechnungsmethode z.B. eines Wettervorhersagemodells nachvollzogen werden.

Das Modell verwendet einen Verdunstungsansatz auf Basis der Penman-Monteith-Gleichung, dessen Eigenschaft bei JÜRRENS (1996) nachgewiesen wurde.

## Ergebnisse: Lokale Variation der Verdunstung

**Höhenlage.** Dabei ist untersucht worden, ob davon ausgegangen werden kann, daß z.B. der Unterschied zwischen der Verdunstung eines Geländepunktes in 1000 m Höhe und derjenigen des mittleren Niveaus in 500 m ebenso groß ist wie die Abweichung zwischen einem Punkt auf Meeresniveau und 500 m, mithin die Änderung der Verdunstung mit der Höhenlage konstant ist. Wäre dies der Fall, könnte die Verwendung eines Gebietsmittels der Geländehöhe als Garant dafür dienen, daß die Gebietsverdunstung unabhängig ist von der Verteilung der subskaligen Geländehöhe. Für einen wolkenlosen Tag im August wurden die Werte des latenten Wärmestroms  $Q_v$  über einer Ebene in Abhängigkeit von der Tageszeit, der Geländehöhe und der Windgeschwindigkeit ermittelt. Daraus ließ sich eine entsprechende Verteilung von  $\Delta Q_v / \Delta z$  ableiten. Die Änderung von

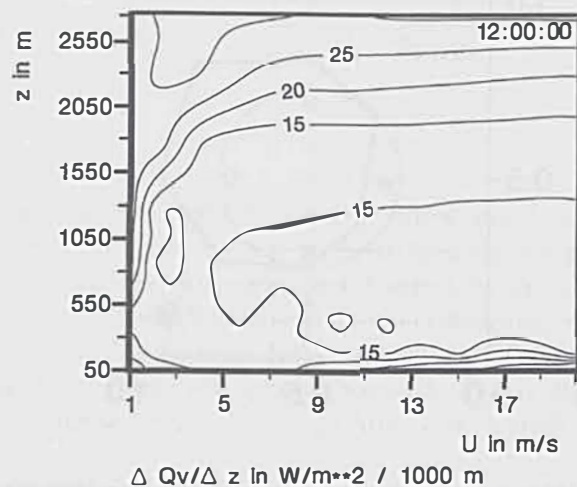


Abbildung 1: Änderung von  $Q_v$  mit der Höhe in Abhängigkeit von der Höhenlage und der Windgeschwindigkeit

$Q_v$  mit der Höhe ist i.a. nicht konstant und häufig auch nicht linear. Lediglich um die Mittagsstunden kann für Windgeschwindigkeiten größer 5 m/s und



einem Höhenintervall von 300 bis 1700 m von nahezu konstanten Gradienten gesprochen werden (Abb.1). Die Größenordnung der Abweichung beispielsweise eines in 1000 m NN befindlichen Geländepunktes gegenüber dem Gebietsmittelwert, beträgt rund  $8 \text{ W/m}^2$  oder 4%.

**Exposition von Hängen zur Sonne und Hauptwindrichtung.** Die Topographie wurde in Form eines Tafelberges mit oktagonalem Grundriß vorgegeben. Auf diese Weise entstanden 8 geneigte und in  $45^\circ$ -Abständen orientierte Hangflächen, deren Verdunstung im Tagesgang berechnet wurde. Die Abb.2 zeigt den kombinierten Effekt von Sonneneinstrahlung und Bergüberströmung (mit  $7 \text{ m/s}$  aus Süd). Die Verdunstung weist positive Abweichungen gegenüber dem Mittelwert der Ebene dort auf, wo die Hänge der Sonne zugeneigt sind (wobei das Maximum von  $Q_v$  dem Stand der Sonne mit 1-2 Stunden Verzögerung folgt). Hinzu kommt, daß insbesondere nachts die Strömung leeseitig des Berges beschleunigt wird (Überströmungseffekt), sodaß dort aufgrund der höheren Windgeschwindigkeiten die Verdunstung ebenfalls gesteigert ist. Dieser Effekt wirkt in den Morgenstunden nach und verschwindet bis zur Mittagszeit. Das Maximum der Abweichung beträgt in der Abb.2  $45 \text{ W/m}^2$  bzw. 25%.

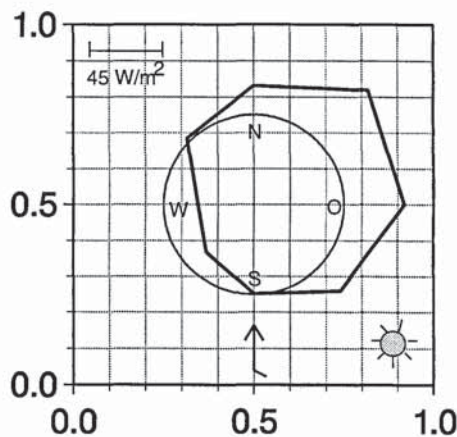


Abbildung 2: Abweichung von  $Q_v$  an den Hängen eines oktagonalen Tafelberges (Linienzug) gegenüber dem Referenzwert einer Ebene (Kreis) um 09:00 UTC.

**Ausbildung thermischer Windsysteme.** Über ausgedehnten Bergformationen entstehen häufig große zusammenhängende Aufwindgebiete. Wegen des bodennahen Nachströmens der Luft weisen diese ther-

mischen Windsysteme weitreichende Gebiete mit erhöhten Windgeschwindigkeiten und damit größeren latenten Wärmeströmen auf. Für die Region Rheintal bei Freiburg - Schwarzwald mit Feldberg wurde eine 3D-Simulation durchgeführt und ein „echter“ Gebietsmittelwert von  $Q_v$  durch Summierung ermittelt. Demgegenüber steht die 1D-Rechnung unter Verwendung der mittleren Geländehöhe. Die Verdunstung wird im Resultat des 1D-Laufes um bis zu  $40 \text{ W/m}^2$  (17%) unterschätzt (Abb.3).

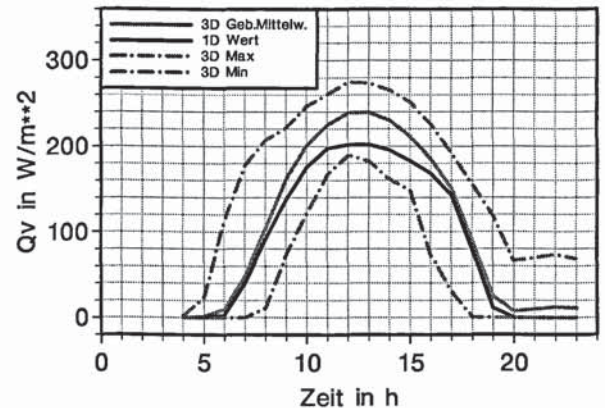


Abbildung 3: Tagesgang von  $Q_v$  für das Modellgebiet Freiburg-Feldberg. Vergleich des „echten“ Gebietsmittelwertes mit einer 1D-Simulation mit der mittleren Geländehöhe.

## Zusammenfassung und Ausblick

Die lokale Variation der Verdunstung durch das Vorhandensein von strukturiertem Gelände präsentiert sich als ein komplexes, durch mehrere Einflußgrößen bestimmtes Phänomen. Die Trennung und Abschätzung der einzelnen Effekte wurde dokumentiert. Auf dieser Basis sollte es möglich sein, eine Parametrisierung unter Verwendung der subskaligen Geländehöhen zu realisieren.

**Danksagung:** Die Arbeiten wurden vom BMBF im Rahmen des Forschungsschwerpunktes „Wasserkreislauf“ unter der Projektnummer 07 VWK 01/6 gefördert.

## Literatur

- Groß, G. 1991:** Anwendungsmöglichkeiten mesoskaliger Simulationsmodelle dargestellt am Beispiel Darmstadt. Teil I: Wind- und Temperaturfelder. Meteorol. Rdsch. 43, 97-112.
- Jürrens, R. 1996:** Parameterisierung der Gebietsverdunstung zur Verwendung in meso- und makroskaligen meteorologischen Simulationsmodellen. Ber. Inst. Meteorologie und Klimatologie Uni Hannover, Nr. 53, 141 S..